

Araştırma Makalesi / Research Article

**Mann-Kendall Trend Testi ile Yenilikçi Yöntemlerin
Kıyaslanması: Beşkonak Aylık Akım Verileri Örneği**

*1Kemal SAPLIOĞLU

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta,
Türkiye, kemalsaplioglu@sdu.edu.tr, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0016-8690>

Geliş / Recieved: 20.05.2024;

Kabul / Accepted: 01.06.2024

Öz

Günümüzde farklı veri setleri ile trendlerin belirlenmesi için pek çok yöntem mevcuttur. Bu çalışmada trend analizi çalışmalarında sıklıkla kullanılan Mann-Kendall (MK) trend analizi ile son yıllarda popüler hale gelmiş olan Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi (YEÇ), Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi için Geliştirilmiş Görselleştirme (GG-YEÇ) kıyaslaması yapılmıştır. Ayrıca son yıllarda önerilen Saçılım Diyagramı ile Kombinasyonlu Wilcoxon Trend Testide (SDKWTT) bu karşılaştırmaya dahil edilmiştir. Bu amaçla Türkiye'nin Akdeniz Bölgesinde yer alan Köprüçay nehrine ait Beşkonak akım gözlem istasyonundan alınan 1942-2015 su yıllarına ait 74 yıllık aylık akım verisi kullanılmıştır. Her ay kendi içinde ve yıllık ortalama değerlerin trendleri karşılaştırılmıştır. Bu nedenle 13 farklı trend testinin kıyaslaması yapılmıştır. Ancak homojenlik testi yapıldığında Ağustos ve Ekim ayları verilerinin % 95güven aralığında homojen olmadığı tespit edilmiş ve bu aylara ait veriler kıyaslamada kullanılmamıştır. Çalışma sonucunda yöntemler arasında çok büyük farklar olmadığı testlerin tamamının kullanımının uygun olduğu, ancak birlikte kullanılmalarının güvenilirliği arttırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Trend Analizi, Mann-Kendall, Yenilikçi Trend Testi, Saçılım Diyagramı ile Kombinasyonlu Wilcoxon Trend Testi, Beşkonak

*1Sorumlu yazar / Corresponding author

Bu makaleye atıf yapmak için

Saplıoğlu, K. (2024). Mann-Kendall Trend Testi ile Yenilikçi Yöntemlerin Kıyaslanması: Beşkonak Aylık Akım Verileri Örneği. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)*, 6(1), 1-12. <https://doi.org/10.60093/jiciviltech.1487245>

Comparison of Mann-Kendall Trend Test and Innovative Methods: Beşkonak Monthly Flow Data Example

Abstract

Today, there are many methods available to determine trends with different data sets. In this study, a comparison was made between Mann-Kendall (MK) trend analysis, which is frequently used in trend analysis studies, and Innovative Trend Analysis (YEÇ), which has become popular in recent years, and Enhanced Visualization for Innovative Trend Analysis (GG-YEÇ). Additionally, the Wilcoxon Trend Test in Combination with Scatter Diagram (SDKWTT), which has been proposed in recent years, is included in this comparison. For this purpose, 74-year monthly flow data for the water years 1942–2015, taken from the Beşkonak flow observation station of the Köprüçay River in the Mediterranean Region of Turkey, was used. The trends of each month and annual average values were compared. Thus, a comparison of 13 different trend tests was made. However, when the homogeneity test was performed, it was determined that the data for August and October were not homogeneous within the 95% confidence interval, and the data for these months were not used in comparison. As a result of the study, it was determined that there were no major differences between the methods; all tests were appropriate to use, but using them together increased reliability.

Keywords: *Trend Analysis, Mann-Kendall, Innovative Trend Test, Wilcoxon Trend Test in Combination with Scatter Diagram, Beşkonak*

1. Giriş

Trend analizi çalışmaları birçok alanda oldukça önemlidir. Örneğin su kaynakları yapılarının projelendirilmesi ve planlaması gibi pek çok safhasında güvenilir bir trend testi optimum fayda sağlamak için gereklidir. Literatürde pek çok trend testi geliştirilmiştir. İstatistiksel analizler bunların başında gelmektedir. Özellikle trend analizi çalışmalarında sıklıkla kullanılan MK trend testleri bunların başında gelmektedir. Pek çok çalışan tarafından (Güçlü, 2018; Koycegiz ve Buyukyildiz, 2022; Acar, 2024a) kullanılan MK çok farklı büyüklüklerin trend analizinde de kullanılmıştır. Su kalitesi (Fattah vd, 2024), yeraltı suyu (Adombi vd, 2024), akarsu akımı (Acar, 2024 b) ve yağış (Suryanto ve Krisbiyantoro, 2018) gibi pek çok alanda trend analizi tespitinde kullanılmıştır. Saplıoğlu ve arkadaşları (2019) yaptıkları çalışmada farklı zaman aralıkları için MK'nın farklı sonuç verebileceğini ortaya koymuşlardır.

İstatistiksel yöntemin yanı sıra grafiksel olarak karar vermeyi kolaylaştıran ve literatürde sıklıkla kullanılmaya başlanan yöntemler teklif edilmiştir. Şen (2014) YEÇ metodunu teklif etmiştir. Bu metot zaman serisinin ikiye bölünmesi ve ikiye bölünen zaman serilerinin sıralı bir şekilde saçılım diyagramında karşılaştırılması üzerine dayanır. Bu çalışma pek çok çalışan tarafından trend analizi çalışmalarında kullanılmıştır (Güçlü, 2018; Dabanlı, 2019; Şen ve Şişman, 2023). Sonraki yıllarda bu yöntemin baz alındığı yeni çalışmalar sunulmuştur. Güçlü (2020) yaptığı çalışmada ikiye ayrılmış ve sıralanmış

verilerin yatay ekseninde gösterildiği ve aralarındaki farkında yatay ekseninde gösterilerek kıyaslandığı bir yöntem GG-YEÇ teklif etmiştir. Sonraki yıllarda Saplıoğlu ve Güçlü (2022) tarafından yapılan bir çalışmada ise YEÇ benzeri bir grafik kullanıldığı ancak verilerin sıralanmadığı bir yöntem (SDKWTT) teklif edilmiştir. Bu çalışmada grafik yöntemin istatistiksel olarak desteklenmesi işleminin Wilcoxon ile yapılması teklif edilmiştir. Böylelikle MK ile elde edilen Z değerinin kıyaslanabildiği bir yöntem sunulmuştur. Bu yöntem farklı çalışanlar (Jiang vd., 2023; Buyukyildiz, 2023; Acar, 2024a) tarafından da test edilmiştir.

Bu çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan MK trend testi ile son yıllarda grafik olarak karar vermeyi teklif eden ve temelini Şen (2012) tarafından ortaya atılan YEÇ'in oluşturduğu modellerin kıyaslaması yapılmıştır. Ayrıca GG-YEÇ ve SDKWTT yöntemlerinin de MK ile kıyaslanmıştır. Bu yöntemlerden YEÇ ve GG-YEÇ ikiye bölünmüş veri setini kıyaslar. İki yöntemde de veriler küçükten büyüğe sıralanır. SDKWTT da ise ikiye bölünmüş verilerin grafiksel görünümünü baz alır. Ancak bu veriler sıralama yapılmaksızın kullanılır. Ayrıca SDKWTT Wilcoxon test istatistiği ile kullanıldığı için istatistiksel olarak ta MK dan elde edilen Z değeri ile de kıyaslanabilir. Bu amaçla çalışmada 1942-2015 yılları arasında Devlet Su İşleri (DSİ)'den alınan aylık akım ortalamaları kullanılmıştır. Ayrıca yıllık olarak da ortalama değerlerin trendi incelenerek kıyaslama yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Veriler

Makalede karşılaştırma yapılabilmesi için Türkiye'nin Akdeniz Bölgesinde yer alan Köprüçay nehrine ait Beşkonak ölçüm istasyonunun (Şekil 1) 1942-2015 yılları arasındaki 74 yıllık aylık ortalama akım değerleri ile yıllık ortalama akım değerleri kullanılmıştır. Bu istasyona ait tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca zaman serisi verilerinin aynı kümeden olup olmadığının incelenmesi gerekmektedir. Herhangi bir zaman serisinin homojenliğini test eden çeşitli yöntemler vardır. En çok kullanılanlardan biri Runs (Swed-Eisenhart) testidir. Bu testteki hipotez, aynı zaman serisindeki verilerin aynı kümeden geldiği ve homojen olduğudur. Testin uygulanabilmesi için öncelikle medyan değeri bulunur. Daha sonra zaman serisindeki verilerin medyanın üstünde veya altında olup olmadığına bakılır. Bu hesaplamalar sonrasında Denklem 1'den test değeri hesaplanır. Bu test sonuçlarına göre % 95

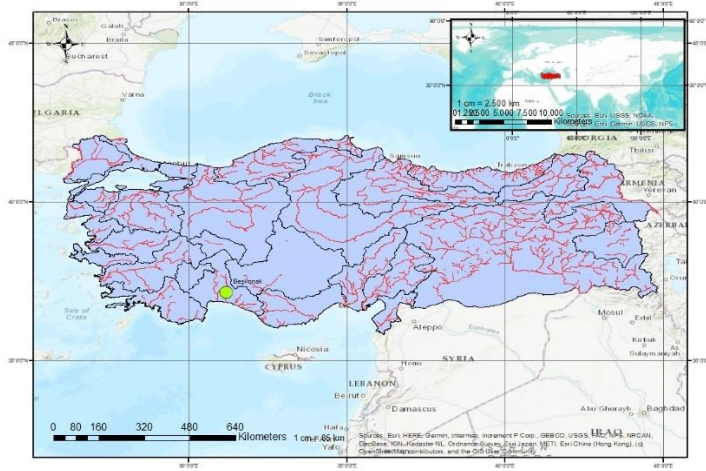
güven aralığı dışında kalan Ağustos ve Ekim aylarına ait verilerin kıyaslamada kullanılmamasına karar verilmiştir. Homojenlik ve otokorelasyon testi sonucunda bir veri istenilen sınırların dışında kalıyorsa bu durumda bu meriler üzerinde trend analizi yapılması uygun değildir (Saplıoğlu ve Güçlü, 2022). Bu nedenle trend analizi yapılmadan önce korelasyon testide yapılmıştır. Otokorelasyon testi değerinin güvenilir bir trend analizi için 0.30 değerinin altında olması gerekmektedir. Üstünde olması durumunda Prewhitening yapılmalıdır. Çalışmada elde edilen otokorelasyon sonuçları Tablo 3'de sunulmuştur. Bu tabloya göre tüm sonuçlar trend analizi için uygundur.

$$Z_R = \frac{R - \frac{2N_a N_u + 1}{N_a + N_u}}{\sqrt{\frac{2N_a N_u (2N_a N_u - N)}{N^2(N-1)}}} \quad (1)$$

Burada R, Runs sayısıdır, N_a , medyanın altındaki değerlerin sayısıdır, N_u , medyanın üstündeki değerlerin sayısıdır ve N , veri sayısıdır.

Tablo 1. Beşkonak akım gözlem istasyonu aylık ortalama verilerin tanımlayıcı istatistiği

	Ek.	Kas.	Ar.	Oc.	Şub.	Mar.	Nis.	May	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	YOrt.
Ort.	40	55	112	137	135	119	115	95	66	48	39	36	83
S Hata	2	3	8	9	7	4	3	3	2	1	1	1	2
Medyan	37	44	98	125	125	117	114	95	64	48	40	36	83
Std Sap.	14	29	73	74	56	33	29	23	15	9	7	7	19
Basıklık	12.7	5.4	5.2	1.1	-0.4	-0.4	-0.9	-0.4	0.2	2.1	2.8	2.9	0.3
Çarpıklık	3.0	2.0	1.9	1.0	0.6	0.3	0.0	0.2	0.6	1.0	1.0	0.9	0.5
Aralık	90	166	390	343	238	144	112	101	68	46	40	41	96
En Küçük	23	23	34	38	45	56	61	51	40	33	27	22	50
En Büyük	113	189	425	380	283	200	172	152	108	80	67	63	146
G.Düz95%	3.1	6.7	16.9	17.2	13.0	7.6	6.7	5.3	3.4	2.1	1.6	1.5	4.4



Şekil 1. Beşkonak akım ölçüm istasyonu lokasyon haritası

Tablo 2. Beşkonak Akım Gözlem İstasyonu Aylık Ortalama Verilerin Runs Test Sonuçları

	Ek.	Kas.	Ar.	Oc.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	Y Ort.
T.D.Med	37	44	98	125	125	117	114	95	64	48	40	36	83
D < T.D	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	36	37	37
D ≥ T.D	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	38	37	37
Top. D	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
Runs	32	34	39	31	33	43	33	32	32	33	27	29	31
Z	-1,4	-0,9	0,2	-1,6	-1,2	1,2	-1,2	-1,4	-1,4	-1,2	-2,6	-2,1	-1,6
T.Ö.D	0,16	0,35	0,81	0,10	0,24	0,24	0,24	0,16	0,16	0,24	0,01	0,04	0,10

T.Ö.D -Testin Önem Derecesi, T.D-Test Değeri, D-Durumlar, T.D.Med.-Test Değeri Medyan

Tablo 3. Beşkonak akım gözlem istasyonu aylık ortalama verilerin otokorelasyon test sonuçları

	Ek.	Kas.	Ar.	Oc.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağ.	Ey.	Y Ort.
Otokorelasyon	0,06	0,07	-0,14	0,13	0,01	-0,16	0,06	0,13	0,21	0,15	0,21	0,14	0,14

2.2 Yöntemler

Parametrik olmayan MK eğilim testi, zaman serilerindeki monotonik eğilimlerin önemini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Zaman serisindeki artış veya azalışın ifade edilebilmesi için Denklem 2 ile ifade edilen Z_{MK} değerine bakılır. Z_{MK}

değerindeki pozitif değerler artış, negatif değerler ise azalma olarak ifade edilmiştir. Eğer $|Z_{MK}| > |Z_{\alpha/2}|$ ise bir trend oluşumu vardır. $Z_{\alpha/2} = \pm 1.96$ güçlü eğilim (%95 güven aralığı) olduğu düşünülür (Saplıoğlu ve Güçlü, 2022).

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{V(S)} & \text{for } S > 0 \\ 0 & \text{for } S = 0 \\ \frac{S+1}{V(S)} & \text{for } S < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (3)$$

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (4)$$

$$(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (5)$$

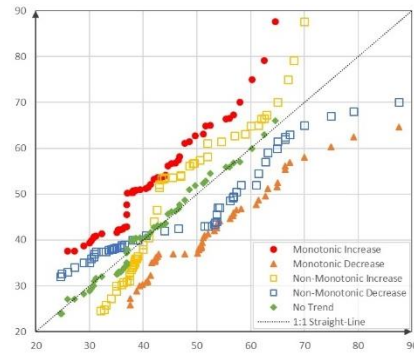
$V(S)$ varyans, S MK toplam istatistik, k serisi $\{x_1, x_2, x_3 \dots x_{n-1}\}$, j serisi $\{x_{k+1} \dots x_{n-2}, x_{n-1}, x_n\}$ zaman serisinin uzunluğudur. İki seri Denklem 5 ile karşılaştırılır.

YEÇ yöntemi (Şen, 2012), monotonik veya monotonik olmayan trend tanımlamasını görsel olarak tanımlayarak büyük avantajlar sağlar ve uygulama açısından oldukça kolaydır. N ögeli herhangi bir zaman serisi, $y_{1,n/2} = \{x_1, x_2, \dots, x_{n/2}\}$ ve $y_{2,n/2} = \{x_{n/2+1}, x_{n/2+2}, \dots, x_n\}$ şeklinde yarıya bölünür. +1), Daha sonra her iki seri de Denklem (2)'de notasyonel olarak belirtildiği gibi küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanır Denklem 6 (Şen, 2012).

$$\left\{ \begin{array}{l} \{r_1\} = \{\min(y_{1,n/2}), y_i, \max(y_{1,n/2})\} (1 < i < n/2) \\ \{r_2\} = \{\min(y_{2,n/2}), y_j, \max(y_{2,n/2})\} (1 < j < n/2) \\ \text{or} \\ \{r_1\} = \{\max(y_{1,n/2}), y_i, \min(y_{1,n/2})\} (1 < i < n/2) \\ \{r_2\} = \{\max(y_{2,n/2}), y_j, \min(y_{2,n/2})\} (1 < j < n/2) \end{array} \right\} \quad (6)$$

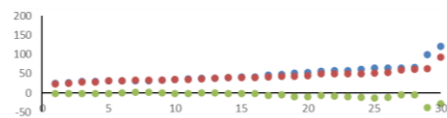
Yarıya bölünmüş verilere dayalı olarak, $\{r_1\}$ 'e karşı $\{r_2\}$ 'ye karşı bir dağılım diyagramı çizilir. Son olarak aynı grafik diyagram üzerinde eğimi 1:1 olan bir doğru çizilir. Eğer veriler bu düz

çizginin üzerindeyse trendin olmadığına karar verilebilir. Aksi takdirde verilerin tamamı 1:1 çizgisinin üzerinde (altında) ise monoton bir artan (azalan) trend söz konusudur. Bu alternatiflerin dışında azalan (artan) bölgeden artan (azalan) bölgeye geçiş de vardır ki buna kısmi artan (azalan) monotonik olmayan trend denir. Tüm bu alternatifler Şekil 2'de sunulmaktadır.



Şekil 2. 1:1 doğrusuna göre trend durumları (Şen, 2012)

Güçlü (2020) tarafından önerilen GG-YEÇ yönteminde YEÇ'te olduğu gibi zaman serisi iki eşit parçaya bölünür ve seriler küçükten büyüğe doğru sıralanır. Fark serisi, ikinci yarı serisinden ilk yarı serisi çıkarılarak elde edilir. Böylece aynı sayıda veriye sahip üç seri elde edilir. Bu üç seri için seri değerleri y eksenine, bu değerlere karşılık gelen veri numaraları ise x eksenine yerleştirilir. Fark serisi yatay ekseninde ise trend yoktur. Yatay eksenin üstünde artan bir trend, yatay eksenin altında ise azalan bir trend vardır (Şekil 3).



Şekil 3. GG-YEÇ yönteminin uygulanışı

SDKWTT, MK trend testi gibi sayısal bir analiz sağlar. Aynı zamanda Şen'in YEÇ yöntemi gibi grafiksel bir temsili de hedeflemektedir. Öncelikle veriler YEÇ yönteminde olduğu gibi ikiye bölünür ancak sıralanmaz. İstatistiksel analiz sağlamak amacıyla sırasız yarımlara ait verilerin farklılıklarını dikkate alan Wilcoxon testi kullanılır. Bu testte trend oluşumu hem grafiksel hemde Z testi ile istatistiksel olarak sunulur.

Wilcoxon testi, iki yarı verilerdeki farklılıkları dikkate alarak iki değişkenin dağılımının aynı olup olmadığını test etmeye çalışır. Bu amaçla yarılardaki gözlemler arasındaki farklar Denklem 7'ye göre hesaplanır. Denklem 8'deki gibi mutlak değerler alınarak. Hesaplanan bu değerler sıralanır. Denklem 9 ile sayıların toplamı $T^+ + T^-$ olarak bulunur. Denklem 10 ve 11 yardımı ile de Z_W değeri hesaplanır.

$$D_i = X_i - Y_i \quad (7)$$

$$|D_i| = |X_i - Y_i| \quad (8)$$

$$T = T^+ + T^- \quad (9)$$

$$Z_W = \frac{T - \mu_T}{\sigma_T} = \frac{T}{\sigma_T} \quad (10)$$

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{6}} \quad (11)$$

Burada, D_i ilk yarı ve ikinci yarı arasındaki verilerin farkıdır. T bu değerleri toplamı, Z_W Wilcoxon Z değeridir.

3. Bulgular

Beşkonak ölçüm istasyonununun 1942-2015 yılları arasında uygulanan testlerin sonuçları bu bölümde irdelenmiştir. YEÇ ile SDKWTT'nin grafiksel gösterimi birlikte yapılırken GG-YEÇ ayrı grafikte gösterilmiştir. Ayrıca MK'ya ait Z değeri ile SDKWTT'ye ait Wilcoxon Z değeri Tablo 4'de kıyaslamalı olarak gösterilmiştir. Grafiklerin sayısı fazla olduğu için kıyaslama için farklılıkların olduğu grafikler seçilip verilmiştir.

Tablo 4'de görülen Temmuz ve Ağustos ayı verilerinin kıyaslamada kullanılması istatistiksel açıdan anlamsızdır. Çünkü bu veriler Tablo 2'de ifade edildiği gibi homojen bir veri seti değildir. Homojen olmayan verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi testin doğruluğunu sorgular. Bu nedenle bu veri seti için Z değerleri tabloda verilmesine rağmen kıyaslama açısından yorumlara katılmamıştır. Tablo 4'de MK Z değeri ile Wilcoxon Z değerleri arasında anlamlılık ayrışan Mayıs ve Haziran aylarıdır. Bu aylarda MK Z değeri % 95 güven aralığında azalan trend gösterirken Wilcoxon Z değerinin anlamlılık düzeyi % 90 lar civarında kalmıştır. Fark olan aylardan Mayıs ayı YEÇ ve SDKWTT grafik gösterimlerin Şekil 4'de GG-YEÇ gösterimi ise Şekil 5'de verilmiştir. YEÇ'e göre tüm veriler eğrinin altında kaldığı için bir trendden bahsedilebilir ama bu verilerin büyük çoğunluğu çizgiye yakın olduğu için anlamlı bir trendden bahsetmek zordur. Aynı şekilde SDKWTT'nin gösterimine bakıldığında negatif yöndeki değer sayısının pozitif oranla biraz fazla olduğu söylenebilir ancak bu

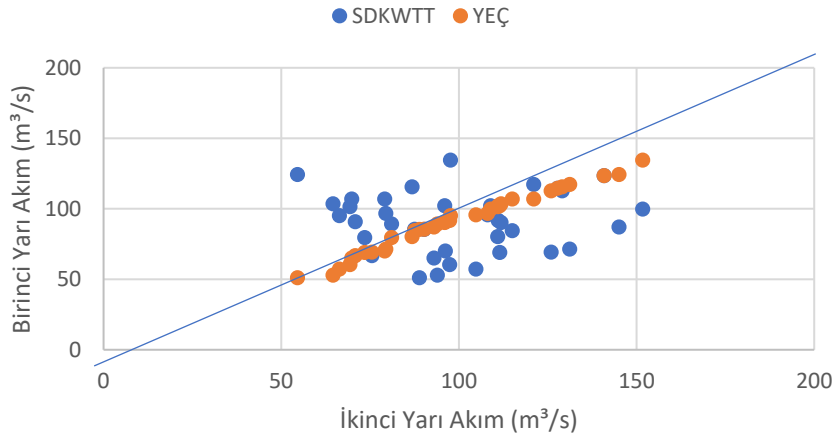
gösterimde kuvvetli trendi desteklemez. Bu grafiğin istatistiksel olarak gösterildiği Wilcoxon Z değerini destekler niteliktedir. Son olarak Şekil 5 incelendiğinde YEÇ'de olduğu gibi tüm değerler x eksenini altındadır ve negatif trend vardır. Ancak farkların az olması bu trendin kuvvetli olmadığını göstermektedir. Bu nedenle ki Wilcoxon Z değeri MK Z değerinden küçük çıkmıştır.

Tablo 4. Z değerleri kıyaslama tablosu

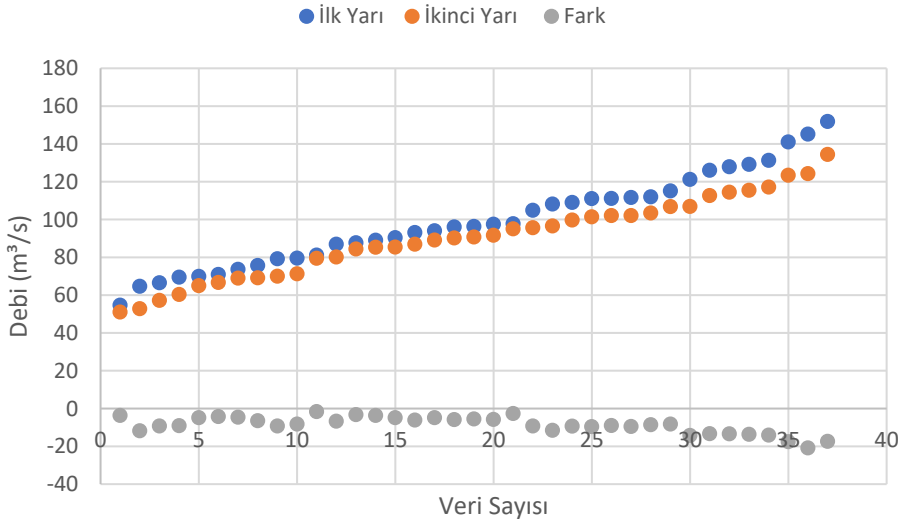
	Z_{MK}	Z_W
Ekim	0.756	0.415
Kasım	1.414	1.712
Aralık	-0.075	0.294
Ocak	-1.176	-0.732
Şubat	-1.157	-1.365
Mart	-1.055	-1.592
Nisan	-1.433	-1.441
Mayıs	-2.203	-1.637
Haziran	-2.725	-1.773
Temmuz	-1.507	-0.898
Ağustos	-0.047	-0.038
Eylül	0.532	0.49
Yıllık	-1.344	-0.626

Yıllık olarak bakıldığında testlerin tamamında %95 güven aralığında bir trend oluşumu olmadığı görülmüştür (Şekil 6-7). Ayrıca trend testlerinin çoğunda % 95 güven aralığında bir trend tespit edilmemesine rağmen genel olarak azalan yönünde bir eğilim olduğu da görülebilmektedir.

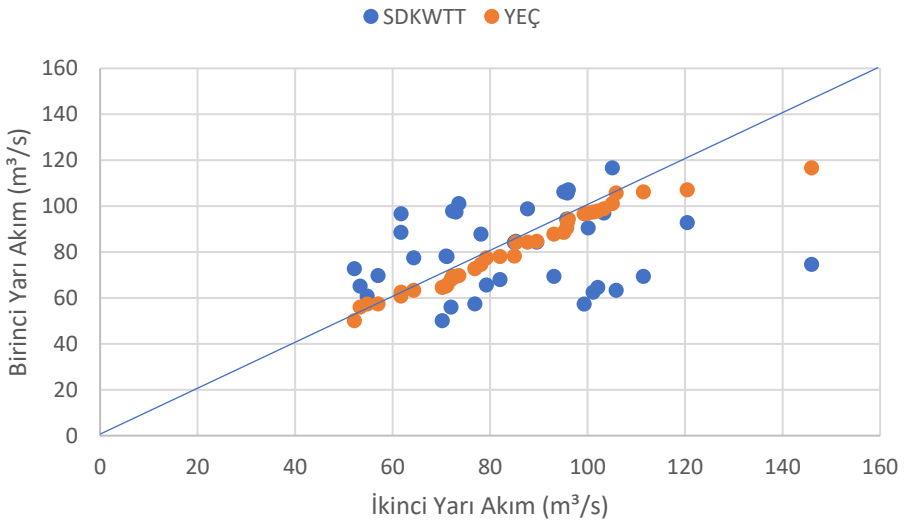
Trend analizleri kıyaslandığında birbirlerine üstün taraflarının olduğu kadar eksik taraflarının da olduğu görülmektedir. Örneğin MK trend testi sayısal olarak ifade vermesine karşın görsel olarak bir sunum gerçekleştirmediği için trend oluşumu konusunda bir soru işareti bırakabilmektedir. MK trend testinde bir değer kendinden önceki değerler arasındaki fark çok küçükte olsa çok büyükte olsa sayısal olarak aynı oranda trende katkı sağladığını göstermektedir. Wilcoxon testinde ise Z değeri elde edilirken veriler arasındaki büyüklük farkı ön planda çıkmaktadır.



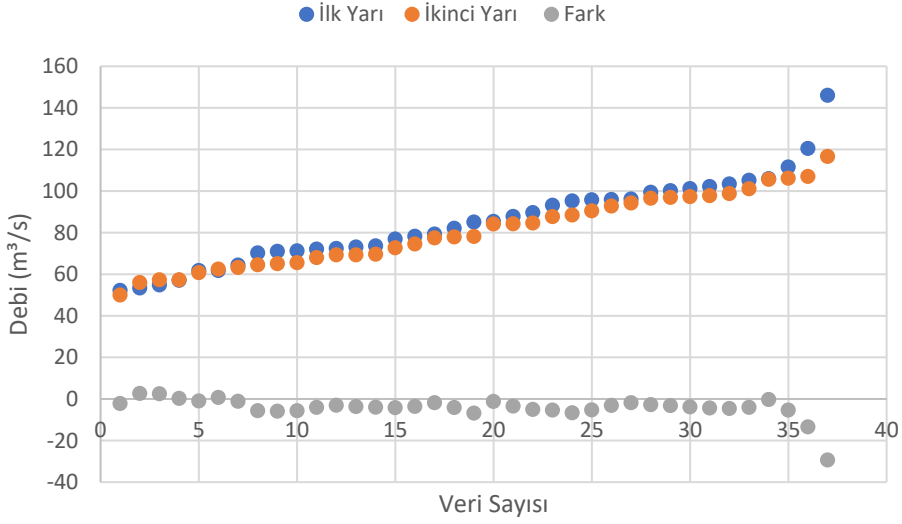
Şekil 4. Mayıs ayı YEÇ ve SDKWTT'nin grafik gösterimi



Şekil 5. Mayıs ayı GG-YEÇ 'in grafik gösterimi



Şekil 6. Yıllık ortalama akım değerleri YEÇ ve SDKWTT'nın grafik gösterimi



Şekil 7. Yıllık ortalama akım değerleri GG-YEÇ 'in grafik gösterimi

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmada MK testi ile son yıllarda literatüre dahil olan yenilikçi testler kıyaslanmıştır. Bu amaçla Türkiye'nin Akdeniz Bölgesinde yer alan Köprüçay nehri üzerindeki Beşkonak ölçüm istasyonundan alınan 1942-2015 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri ile yıllık ortalama akım verisi çalışılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçları güvenilirliğinin test edilmesi amaçlı ilk olarak homojenlik testi yapılmıştır.

İki veri setinin homojen olmadığı dolayısıyla bundan elde edilen sonuçların kıyaslamada kullanılamayacağına karar verilmiştir. İkinci aşamada ise korelasyon testi yapılmış ve bu teste göre tüm verilerin istenilen değer aralığında olduğu görülmüştür. Yapılan testler bu doğrulamalardan sonra yapıldığı için güvenilirliği artmıştır. Yapılan testler

sonucunda MK 'nın iki testi dışında hiçbir testte trend oluşumuna %95 güven aralığında trend olmadığı görülmüştür. % 95 güven aralığında olmasa da genel eğilimin azalma yönünde olduğu da söylenebilir. Test sonuçları irdelendiğinde yöntemler arası çok büyük farklar olmadığı görülmüştür. MK 'da trend oluşumu bulunmuş olmasına rağmen diğer testlerde bu oluşumun güçlü derecede gözükmemesi ise MK'nın farkların küçük veya büyük olmasına bakmaksızın aynı oranda etki ettirmesidir.

Kullanılan tüm yöntemler trend analizi için uygundur. Ancak bir hidrolojik olayda trend belirlenirken bu yöntemlerin beraber kullanılması güvenilirliği arttıracaktır.

Makalede elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde farklı analizlerin

birlikte yapılarak kullanılması testlerdeki yanılma payını azaltacaktır.

Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Kavramsallaştırma, Metodoloji, Doğrulama, Analiz ve yorumlama, Araştırma, Yazma/orijinal taslak, Yazma/inceleme ve düzenleme, Görselleştirme

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

5. Kaynaklar

Acar, R. (2024 a). A comparison of the performance of different innovative trend assessment approaches for air temperature and precipitation data: an application to Elazığ Province (Turkey). *Journal of Water and Climate Change*, 15(3), 1417–1437.

<https://doi.org/10.2166/wcc.2024.685>

Acar, R. (2024 b). Susurluk Havzası Akımlarının Trend Analiz Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Firat University Journal of Experimental and Computational Engineering*, 3(1), 65–74.

<https://doi.org/10.62520/fujece.1421090>

Adombi, A. V. D. P., Chesnaux, R., & Boucher, M. A. (2024). Toward a methodology to explore historical groundwater level trends and their origin: the case of Quebec, Canada. *Environmental Earth Sciences*, 83(6).

<https://doi.org/10.1007/s12665-024-11466-9>

Buyukyildiz, M. (2023). Evaluation of annual total precipitation in the transboundary Euphrates–Tigris River Basin of Türkiye using innovative graphical and statistical trend approaches. *Applied Water Science*, 13(2), 38. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01845-7>

Dabanlı, S. (2019). A Climate Change Impact: Variation In Precipitation Patterns, And Increased Drought Risk In Turkey. *Sakarya University Journal of Science*, 23(2), 193–202.

<https://doi.org/10.16984/saufenbilder.467119>

Fattah, M. A., Hasan, M. M., Dola, I. A., Morshed, S. R., Chakraborty, T., Kafy, A. A., Shohan, A. A. A. (2024). Implications of rainfall variability on groundwater recharge and sustainable management in South Asian capitals: An in-depth analysis using Mann Kendall tests, continuous wavelet coherence, and innovative trend analysis. *Groundwater for Sustainable Development*, 24, 101060.

<https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.101060>

Güçlü, Y. S. (2018). Multiple Şen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test. *Journal of Hydrology*, 566, 685–704.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.034>

Güçlü, Y. S. (2018). Multiple Şen-innovative trend analyses and partial Mann-Kendall test. *Journal of Hydrology*, 566, 685–704.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.09.034>

Güçlü, Y. S. (2020). Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann-Kendall test and ITA. *Journal of Hydrology*, 584, 124674.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124674>

Jiang, S., Shang, J., Guo, J., & Zhang, Y. (2023). Multi-Strategy Improved Flamingo Search Algorithm for Global Optimization. *Applied Sciences*, 13(9), 5612.

<https://doi.org/10.3390/app13095612>

Koycegiz, C., & Buyukyildiz, M. (2022). Investigation of precipitation and

- extreme indices spatiotemporal variability in Seyhan Basin, Turkey. *Water Supply*, 22(12), 8603–8624. <https://doi.org/10.2166/ws.2022.391>
- Saplıoğlu, K., Kilit, M., & Şenel, F. A. (2019). Investigation of changes in climate data using checkerboard: the case of Akarçay basin. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(2). http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1702_23732384
- Suryanto, J., & Krisbiyantoro, J. (2018). Trend Analysis of Rainfall Data in Magelang District Using Mann-Kendall Test and Modification Mann-Kendall Variation. *AGRIFOR*, 17(2), 293. <https://doi.org/10.31293/af.v17i2.3616>
- Şen, Z. (2012). Innovative Trend Analysis Methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042–1046. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)he.1943-5584.0000556](https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0000556)
- Şen, Z. (2014). Trend Identification Simulation and Application. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(3), 635–642. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)he.1943-5584.0000811](https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0000811)
- Şen, Z., & Şişman, E. (2023). Risk attachment Sen's Slope calculation in hydrometeorological trend analysis. *Natural Hazards*, 120(4), 3239–3252. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06329-8>